

(11)特許出願公開番号

特開平6-117353

(43)公開日 平成6年(1994)4月26日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
F 0 3 D 9/00	B	8311-3H		
7/00		8311-3H		
H 0 2 P 9/00	F	2116-5H		

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平4-265931

(22)出願日 平成4年(1992)10月5日

(71)出願人 000010076

ヤマハ発動機株式会社

静岡県磐田市新貝2500番地

(72)発明者 日比野 由貴夫

静岡県磐田市新貝2500番地 ヤマハ発動機  
株式会社内

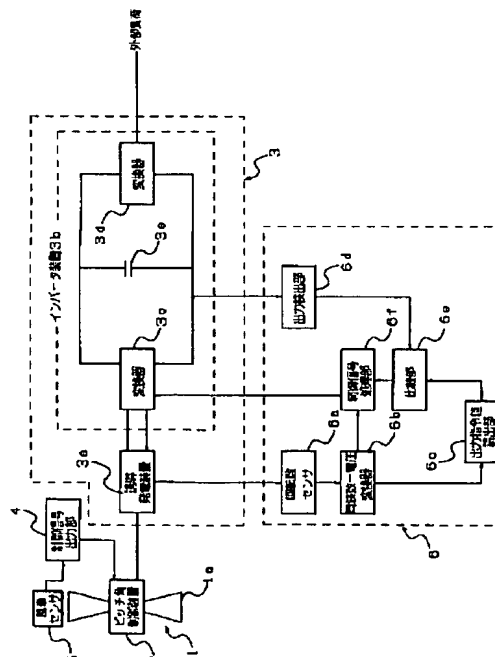
(74)代理人 弁理士 八木田 茂 (外2名)

(54)【発明の名称】 風力発電装置

(57) 【要約】

【目的】動力－電力変換装置の出力が定格出力以上であっても定格出力の安定供給を保持しながらそのときの風力に応じて発電機の出力が増加するように制御する制御装置を備えた風力発電装置を提供すること

【構成】本発明の風力発電装置は、風力エネルギーを動力に変換する風車(1)と、該動力を電力に変換し出力する動力電力変換装置(3)と、動力-電力変換装置(3)の発電出力を制御する負荷制御装置(6)とからなり、前記負荷制御装置(6)で動力-電力変換装置(3)の発電出力を、定格以上の所定の範囲内で負荷可変制御する一方、風車(1)に設けられたピッチ角制御装置(2)で風車の羽根(1a)のピッチ角を適宜変化させることで、風力の増加に応じて定格以上の所定の範囲内で発電出力が増加するように構成されてる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 風力エネルギーを動力に変換する風車(1)と、該動力を電力に変換し出力する動力-電力変換装置(3)と、動力-電力変換装置(3)の発電出力を制御する負荷制御装置(6)とからなり、前記負荷制御装置(6)で動力-電力変換装置(3)の出力が定格出力以上になっても、所定の範囲内で風力に応じて出力が増加するように負荷可変制御を行うように構成したことを特徴とする風力発電装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、風力のエネルギーを動力に変換する風車と、この動力を電力に変換し出力する動力-電力変換装置とからなる風力発電装置の改良に関し、特に動力-電力変換装置の出力を可変制御することができる制御装置を備えた風力発電装置の改良に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来から、風力エネルギーを風車で動力に変換し、該動力を動力-電力変換装置で電力に変換させる、詳細には該動力で発電機を駆動させる風力発電装置においては時々刻々と変化する風力からいかに効率よく電力を発生させるかが課題であり、通常効率良く電力を発生させるための制御装置を搭載している。上述の制御装置としては、発電機の出力が定格出力に達するまではその時々風の力に応じて最大の出力となるように発電機を電氣的に制御し、発電機の出力が定格出力に達した後は発電機の出力が定格出力一定の状態を保持するように制御を行う制御装置があった(特開昭63-39500号公報参照)。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記したタイプの従来の風力発電装置は、発電機の出力が定格出力に達した後は負荷制御装置にて負荷一定制御を行い、出力が一定になるように制御して、増加分を電力に変換せずに逃がしてしまっているため、安定した定格出力を得られるという利点を有するが、定格出力に達した後の風力に対するエネルギー発生効率はよいとはいいがなく、また、出力を一定にするために種々のエネルギーの損失があるという問題点があった。そこで、本発明は上記した従来の風力発電装置の問題点を解決し、動力-電力変換装置の出力が定格出力以上であっても出力の安定供給を保持しながらそのときの風力に応じて発電機の出力が増加するように制御する制御装置を備えた風力発電装置を提供することを目的としている。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明の風力発電装置は、風力エネルギーを動力に変換する風車と、該動力を電力に変換し出力する動力-電力変換装置と、動力-電力変換装置の発電出力を制御する

負荷制御装置とからなり、前記負荷制御装置で動力-電力変換装置の出力が定格出力以上になっても、所定の範囲内で風力に応じて出力が増加するように負荷可変制御を行うように構成したことを特徴とするものである。

## 【0005】

【作用】上記したように構成された本発明の風力発電装置においては、動力-電力変換装置の出力が定格出力に達した後も、所定の範囲内で風力の増加に応じて出力が増加するように負荷制御装置で負荷可変制御を行い、定格出力以上になった後の風力の増加分を効率的に発電に使用することができる。

## 【0006】

【実施例】以下、添付図面を参照して本発明の風力発電装置の制御装置の一実施例のについて説明する。図1は本発明の風力発電装置の一実施例の基本構成の概略を示す概略ブロック図である。図中1は風車であり、この風車1にはピッチ角制御装置2が設けられており、その出力軸(図示せず)は動力-電力変換装置3に接続されている。前記したピッチ角制御装置2は風車1の回転数が所定の値以上になった時に風車1の遠心力に応じて羽根1aのピッチ角を機械的に変化させる機械式制御部(図示せず)と、風力が一定値以上になった時に制御信号出力部4からの制御信号を受けて前記機械式制御部をモータ等で強制的に駆動させて羽根1aのピッチ角を強制的に変化させる電気式制御部(図示せず)とから構成されている。前記制御信号出力部4は風力センサ5からの出力を受けて、風力が所定の値以上になった時にピッチ角制御装置2の電気式制御部へ制御信号を出力するように構成されている。

【0007】動力-電力変換装置3は誘導発電装置3aと、インバータ装置3bとから構成されており、該インバータ装置3bは誘導発電装置3aを発電させるための励磁機能と、発電された交流電流を直流電流に変換させる機能と、風車1の回転数に応じて誘導発電装置3aの周波数を変化させる機能とを備えた変換部3cと、前記変換部3cからの出力を蓄電する蓄電部3e(本実施例においてはコンデンサ)と、外部負荷に応じて交流電流を出力する変換部3dとから構成されている。前記動力-電力変換装置3には負荷制御装置6が設けられている。以下該制御装置6の構成を説明する。回転数センサ6aからの出力周波数を周波数-電圧変換器6bで電圧に変換し、この電圧、即ち現在の風車1の回転数(以下、本明細書においては単に回転数Nと称する。)に基づいて出力指令値読出部6cで予め記憶された回転数-出力マップから出力指令信号(理想出力)を読み出す。一方、出力検出部6dは変換部3cによって変換された出力(現在の出力)を検出し、この現在の出力と前記出力指令値読出部6cからの指令出力(理想出力)とを比較部6eで比較し、その差分が制御信号処理部6fに出力される。制御信号処理部6fでは前記比較部6eから入力される現在の電力と理想電力との差分

と、周波数-電圧変換器6bを介して入力される電圧（現在の回転数）とに基づいて、制御信号を演算して変換部3cに出力し、変換部3cで誘導発電装置3aへの励磁周波数を変化させることでそのトルクを変化させる負荷制御を行う。

【0008】図2（a）は出力指令値読出部6cに予め記憶されている回転数N-出力Pのマップの一例であり、図中Ncinは誘導発電装置3aが発電を始める時の回転数（以下、本明細書において発電開始回転数Ncinと称する）、NRは定格電圧時の回転数（以下、定格回転数NRと称する）、Nmaxは風車1が回転し得る限界の回転数（以下、最大回転数Nmaxと称する）、PRは定格出力、Pmaxは最大出力である。また、図2（b）に実線で示されるデータは図2（a）の回転数Nに対応したトルク特性、即ち、負荷制御装置6の制御特性を示すマップであって、出力指令値読出部6cにこのマップを図2（a）のマップの代りに記憶させておいてもよい。但し、図2（b）のマップを記憶させる時には負荷制御装置6の構成は本実施例のものとは異なることはいうまでもなく、例えば回転数センサ6aの出力に応じた最適なトルクを出力指令値読出部6cで読み出し、このトルクに回転数Nを乗じて電力を算出し、その電力を比較部6eに入力するように構成され得る。

【0009】負荷制御装置6は出力指令値読出部6cで回転数センサ6aから入力された現在の回転数Nに応じた最適な出力をこのマップから読み出し、その出力に応じて動力-電力変換装置3を負荷可変制御する。詳細には発電開始回転数Ncin付近では風速の状況に合わせて誘導発電装置3aへの励磁周波数及び電圧を制御し（さらに詳細には出力が風速の3乗に比例するように周波数を制御し）、風速、即ちその時の回転数Nが所定の値（図2においてはNC）に達した後、図2（b）に符号aで示すように回転数Nが定格回転数NRに達するまでは出力が回転数Nに比例して増加するようにトルク、即ち誘導発電装置3aのすべり率を変化させることで制御する。以下、これをすべり率調整制御Iと称する。回転数Nが定格回転数NRに達した後、即ち出力が定格出力に達した後、さらに風力（風速）が増加する場合には図2（b）に符号bで示すようにトルク、即ち誘導発電装置3aのすべり率を一定に制御（以下、これをすべり率一定制御と称する）すると同時に、風力に応じて風車1の羽根1aのピッチ角をピッチ角制御装置2の機械式制御部で機械的に変化させ、回転数Nが最大回転数Nmaxに至るまでは風力の増加に伴って誘導発電装置3aの出力を増加させる。例えば、機械式制御部の構成としては機械式制御部に風車1が一定の回転数になるとその遠心力で外方に広がるようにウェイトを設け、そのウェイトの遠心力によって外方に広がる力を利用してリンク機構等を介して羽根1aのピッチ角を変化させる構成が考えられる。

【0010】このように回転数Nが定格回転数NRに達

した後、すなわち、定格出力に達した後、さらに風力が増加する場合に、誘導発電装置3aのトルク、即ちすべり率を一定にし、かつ、回転数Nが最大回転数Nmaxを越えるまでは風力の増加に応じて出力が増加する負荷可変制御を行うことで、従来、定格出力に達した直後に出力を一定にする負荷一定制御において予測された不具合、即ち、トルクが回転数Nに反比例することとなり風車1の回転軸（図示せず）のねじり振動系（図示せず）に対する負性ダンパーとなって回転軸の振動が増加することはない。また従来、回転数が定格回転数NRに達した後出力を一定にするために風車1の羽根1aを高速ピッチ変換制御するのに必要であったエネルギーを使うことがなく、出力を一定にするために逃がしていた風力を限界まで有効活用することができるようになる。

【0011】以下上記したように構成された風力発電装置における負荷制御装置6の動作説明図である図3のフローチャートを参考に風力発電装置の作用を説明する。制御信号処理部6fは回転数Nが発電開始回転数Ncinに達する前は変換部3cによって誘導発電装置3aが励磁されないような制御信号を出力し、発電待機状態（ステップ1）を保つ。制御信号処理部6fは回転数Nが発電開始回転数Ncin（好ましくは480rpm）に達すると、変換部3cに制御信号を出力し変換部3cで誘導発電装置3aを励磁させて発電を開始させる（ステップ2～3）。上述したように制御信号処理部6fは出力が定格出力に達する前までは回転数センサ6a及び出力指令値読出部6c、出力検出部6dの情報に基づいて誘導発電装置3aのトルク、即ちすべり率を変化させる制御信号を出力して、変換部3cを介して誘導発電装置3aのすべり率を制御するすべり率調整制御I（ステップ4）を行い、また、一度作動してもその後回転数Nが発電開始回転数Ncin以下になるような場合（ステップ6）には誘導発電装置3aに励磁するのを中断して再び発電待機状態（ステップ1）に戻る。すべり率調整制御Iを行っている最中に回転数Nが定格回転数NRを越えると（ステップ5）、制御信号処理部6fは誘導発電装置3aのすべり率が一定になるような制御信号を変換部3cに出力し、誘導発電装置3aのすべり率、すなわちトルクを一定に保持するすべり率一定制御を行う（ステップ7）。このすべり率一定制御は回転数Nが最大回転数Nmaxを越えるか（ステップ8）、若しくは定格回転数NR以下になるまで（ステップ6）続けられ、一度回転数Nが最大回転数Nmaxを越えたら（ステップ8）、回転数Nが最大回転数Nmax以下になるまで、回転数Nの増加に応じて誘導発電装置3aのトルク、即ちすべり率を下げて、動力-電力変換装置3に過電力がかからないようにするすべり率調整制御II（ステップ9）を行う

（図2（b）における符号cで示す範囲参照）。また、すべり率一定制御中に回転数Nが定格回転数NR以下になると（ステップ5）、その回転数Nが発電開始回転数Ncin以上ならば（ステップ6）すべり率調整制御Iを行

い(ステップ4)、発電開始回転数 $N_{cin}$ より小さければ(ステップ5)変換部3cからの励磁をOFFして発電待機状態(ステップ1)に戻る。

【0012】負荷制御装置6がすべり率一定制御(ステップ7)を行っている間、即ち、風車1の回転数 $N$ が定格回転数 $N_R$ より大きく、最大回転数 $N_{max}$ より小さい時は風車1に設けられたピッチ角制御装置2の機械式制御部が作動して風車1の羽根1aのピッチ角をその時の風力、即ち、その風力に応じた風車1の回転により生ずる遠心力に応じて適宜変化させ、風力の増加に応じて出力が増加するようにピッチ角制御を行う。また、風車1の回転数 $N$ を機械式制御部のピッチ角制御では抑制しきれないような著しい風力の増加は、風力センサ5で検知され、その検知結果に基づいて制御信号出力部4が出力する制御信号によってピッチ角制御装置2の電気式制御部が作動して風車1の羽根1aのピッチ角を強制的に変化させ風力が弱まるまで待機する状態を保持するように制御する。例えば、機械式制御部で制御し得る羽根1aのピッチ角を $4^\circ \sim 35^\circ$ 程度に設定し(この設定は、例えば、機械式制御部が遠心力を利用してピッチ変換を行うように構成されていた場合には、遠心力によって外方に広がるウエイトの広がり距離を制限するだけで容易に設定できる)、ピッチ角が最大角度 $35^\circ$ を超えるような風速(風力) $V_{max}$ を予め測定して制御信号出力部4に記憶させておき、風力センサ5が風速(風力) $V_{max}$ を検知した時に、制御信号出力部4から制御信号を出力してピッチ角制御装置2における電気式制御部に設けられた強制的にピッチを変化させる手段(例えば、モータ)を作動させて、ピッチ角を強制的に $90^\circ$ に変化させ、風車1の羽根1aが風を受けないようにして風速(風力)及び風車1の回転数 $N$ が下がるのを待つように構成すればよい。

【0013】本実施例の風力発電装置は、好ましくはタイマー回路を設けて、風車1の回転数 $N$ が最大回転数 $N_{max}$ (即ち最大出力)に達した後、風車1の回転数 $N$ が定格回転数 $N_R$ と最大回転数 $N_{max}$ の間で長時間保持されるような場合にその時間を測定し、その時間が所定の時間を超えたときには負荷制御装置6は発電待機状態

(図3におけるステップ1)になるように動力-電力変換装置3を制御し、ピッチ角制御装置2は羽根1aのピッチ角を $90^\circ$ になるように制御して風車1の過回転を防止するように構成され得る。また、本実施例の風力発電装置は、出力が最大出力 $P_{max}$ 、即ち回転数が最大回転数 $N_{max}$ に達するまで負荷制御装置6で負荷可変制御を行うように構成しているが、本発明の風力発電装置は実施例に制限されることなく、負荷制御装置6が、動力-電力変換装置3の出力が定格出力に達した後も、所定の範囲内でその出力が増加するように負荷可変制御を行う

ように構成してあればよく、例えば、定格出力 $P_R$ 以上で、最大出力 $P_{max}$ でない適当な出力 $P_x$ を設定して、動力-電力変換装置3の出力がその出力 $P_x$ に達するまで負荷可変制御を行うように構成してもよい。また、本実施例の風力発電装置は、出力が定格出力以上になると、負荷制御装置6で誘導発電装置3aのすべり率、即ち、トルクを一定に制御するように構成しているが、図2(b)に破線で示すように、回転数 $N$ の増加に伴って若干トルクを上げるように制御してもよいことはもちろんである。この様に制御するとトルクが風車1の回転慣性系に対するダンパ効果をもち、回転変動に対する安定性が増すという効果を奏する。

【0014】

【発明の効果】本発明の風力発電装置においては、動力-電力変換装置の出力が定格出力に達した後さらに風力が増加した場合でも、所定の範囲内で風力の増加に応じて出力が増加するように負荷制御装置で負荷可変制御を行うので、動力-電力変換装置の出力が定格に達した後の風力の増加分を有効に利用して電力を発生することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の風力発電装置の一実施例の基本構成を示す概略ブロック図である。

【図2】(a)図1における出力指令値読出部に記憶させるマップの一例を示す回転数-出力特性図である。(b)図2(a)の特性図に対応した回転数-トルク特性図である。

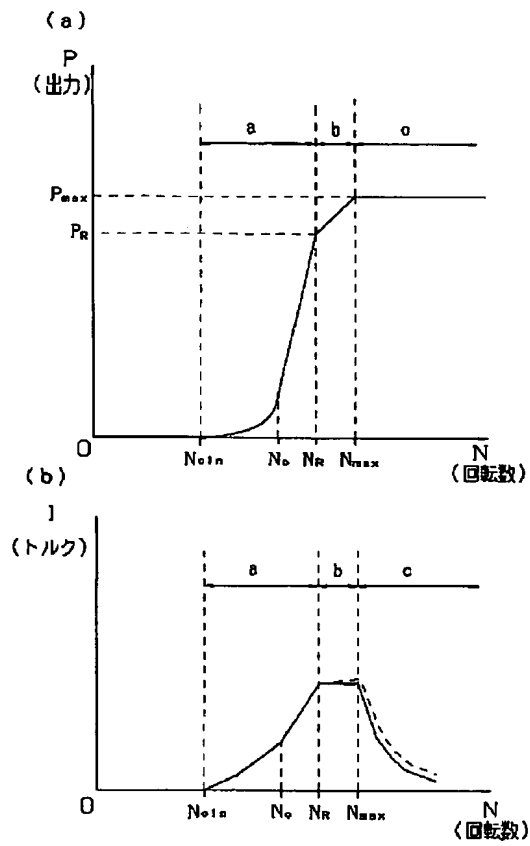
【図3】負荷制御装置の動作の一実施例を示すフローチャートである。

【符号の説明】

- 1 風車
- 1a 羽根
- 2 ピッチ角制御装置
- 3 動力-電力変換装置
- 3a 誘導発電装置
- 3b インバータ装置
- 3c 変換部
- 3d 変換部
- 3e 蓄電部
- 4 制御信号出力部
- 5 風力センサ
- 6 負荷制御装置
- 6a 回転数センサ
- 6b 周波数-電圧変換器
- 6c 出力指令値読出部
- 6d 出力検出部
- 6e 比較部
- 6f 制御信号処理部



【図2】



【図3】

